

Среднеквадратичная погрешность определяемых величин составляла 13 %. Сравнение с расчетными данными для не оребренных труб показало практически восьмикратное увеличение передаваемого теплового потока. Таким образом, использование ребристой поверхности в 8 раз повышало эффективность отопления за счёт увеличения площади теплообмена, снижения металлоёмкости установки при одних и тех же параметрах воды по сравнению с гладкими трубами.

УДК 621.3

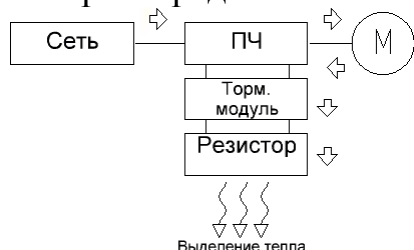
Аскеров Д. Р., Соколов И. В., Казакбаев В. М., Прахт В. А.
Уральский федеральный университет
emf2010@mail.ru

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА С РЕКУПЕРАТИВНЫМ МОДУЛЕМ

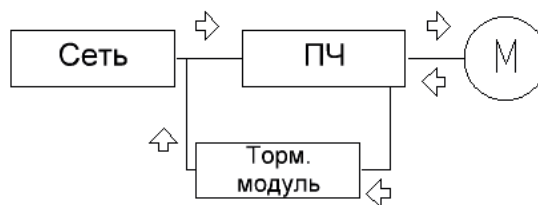
Аннотация. В работе проведен сравнительный экономический анализ различных конфигураций электропривода грузопассажирского лифта: с тормозным резистором и рекуперативным модулем. Сделаны выводы относительно оправданности применения рекуперативного электропривода в рассматриваемом приложении.

Частотно-регулируемые электроприводы (ЭП) переменного тока находят все большее применение в промышленности. Помимо управления двигателями применение таких устройств позволяет получить значительный эффект энергосбережения. В ряде приложений от ЭП требуется работа не только в двигательном режиме, но и в режиме торможения (привод экскаваторов, лифтов, подъемников), сопровождающийся выделением энергии.

Наиболее распространенные преобразователи частоты (ПЧ) не предусматривают рекуперацию энергии в сеть. В этом случае для рассеяния энергии могут использоваться тормозные резисторы [3]. Функциональная схема ЭП с тормозным резистором представлена на рис. а.



а)



б)

Функциональные схемы ЭП: а) с тормозным резистором; б) с рекуперативным модулем

С целью снижения бесполезных потерь энергии ПЧ может быть оборудован электронным модулем рекуперации, который позволяет возвращать в сеть энергию, улучшая энергетические показатели ЭП (рис. б).

Кроме того, рекуперативный модуль, являясь активным выпрямителем, также осуществляет коррекцию коэффициента мощности (ККМ), значительно снижая эмиссию высших гармоник тока в питающую сеть и улучшая параметры электромагнитной совместимости (ЭМС) ЭП. Также стоит отметить снижение массогабаритных показателей рекуперативного ЭП, поскольку в этом случае не требуется установки габаритного резистора с мощной системой охлаждения. Однако при несомненных преимуществах ЭП с рекуперативным модулем имеет существенно большую стоимость в сравнение с ЭП, использующим тормозной резистор.

В данной работе приводится оценка экономической целесообразности внедрения рекуперативного ЭП. Объектом внедрения рекуперативной установки данного исследования является электропривод лифта жилого пятиэтажного здания грузоподъемностью 400 кг. От других подъемных механизмов пассажирский лифт отличается высокой частотой рабочих циклов в сутки [1]. Для расчета были приняты известные средние величины механической части привода: моменты инерции; масса поднимаемого груза, включая кабину, противовес и канаты; номинальная скорость подъема кабины (1 м/с); количество рабочих циклов за сутки (CYCLE=360 включений).

При расчете также использовались следующие данные: рабочие и энергетические характеристики элементов ЭП: параметры двигателя (5AM112M4 5,5 кВт, 1500 об/мин, $\eta_{\text{двигателя}} = 80\%$), тип ПЧ (Control Techniques Unidrive M600, 18,5 А, 7,5 кВт, $\eta_{\text{преобразователя частоты}} = 90\%$) [2], тип тормозного резистора (РБ2-038-5K0, 5 кВт); рыночная стоимость (на начало 2015 г.) узлов, различных для сравниваемых конфигураций установки, и средняя цена приобретения электроэнергии в РФ по состоянию на 2014 год (2,7 руб./кВт·ч).

Суммарные затраты энергии подъема кабины складываются из энергии пуска и энергии подъема и определяется по формуле:

$$\sum W = Wh + 2W_{\text{кин}} = \frac{\sum G \cdot g \cdot h}{\sum \eta} + 2 \frac{\Delta W_{\text{кин}}}{\sum \eta}, \quad (1)$$

где Wh (Дж) – затраты энергии на подъем груза; $W_{\text{кин}}$ (Дж) – кинетическая энергия вращающихся масс привода с учетом потерь, связанных с суммарным коэффициентом полезного действия привода; $\sum G$ (кг) – суммарная масса поднимаемого приводом груза; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$; h (м) – высота подъема груза;

$\sum \eta = \eta_{\text{червячной пары}} \cdot \eta_{\text{шквива}} \cdot \eta_{\text{двигателя}} \cdot \eta_{\text{преобразователя частоты}}$ – результирующий КПД.

При торможении в сеть отдается энергия $\sum W_{\text{рек}} = \sum W \cdot \sum \eta$, а полная энергия, затрачиваемая на один рабочий цикл при наличии у привода рекуперативного модуля, определяется:

$$W_{\text{полн}} = \sum W - \sum W_{\text{рек}} \quad (2)$$

Стоимость энергосберегающего мероприятия будет равна разности стоимости ПЧ с рекуператором и ПЧ без рекуператора:

$$\Delta PR = PRICE_{\text{тормозного резистора}} - PRICE_{\text{рекуперативное оборудование}} \quad (3)$$

Суммарная экономия электроэнергии за заданный временной интервал работы лифта (за сутки):

$$\Delta W_{\text{day}} = (W_{\text{полн.тормозн}} - W_{\text{полн.рекуп}}) \cdot CYCLE, \quad (4)$$

где $W_{\text{полн.тормозн}}$ (Дж) – полная энергия, потребляемая из сети за сутки привода с тормозными резисторами; $W_{\text{полн.рекуп}}$ (Дж) – полная энергия, потребляемая из сети сутки привода, оборудованного рекуперативным модулем.

При круглогодичной работе пассажирского лифта годовая экономия электроэнергии определяется как:

$$\Delta W_{\text{year}} = \Delta W_{\text{day}} \cdot 12 \cdot 29,3 \quad (6)$$

При круглогодичной работе пассажирского лифта стоимость сэкономленной электроэнергии в год:

$$COST_{\text{year}} = \Delta W_{\text{year}} \cdot T_{\text{energy}}, \quad (7)$$

где $COST_{\text{energy}}$ – стоимость сэкономленной электроэнергии, руб.; T_{energy} – действующая цена на электроэнергию, руб./кВт·ч.

Срок окупаемости применяемого решения рассчитывается как:

$$T_{\text{payback}} = \Delta PR / COST_{\text{year}} \quad (8)$$

Результаты расчета экономического эффекта от установки рекуперативного модуля приведены в таблице.

Результаты расчета экономического эффекта от установки ПЧ с рекуперативным модулем.

№ п/п	Наименование параметра	Значение параметра
1	Действующая цена на электроэнергию, T_{energy} [руб./кВт·ч]	2,7
2	Суточная экономия электроэнергии, ΔW_{day} [кВт·ч]	39,78
3	Стоимость сэкономленной электроэнергии в сутки [руб.]	107,24
4	Годовая экономия электроэнергии, ΔW_{year} [кВт·ч]	13970
5	Стоимость сэкономленной электроэнергии в год, $COST_{\text{year}}$ [руб.]	37730
6	Стоимость рекуперативного модуля и дополнительного дросселя [руб.]	72320+46000
7	Стоимость блока тормозных резисторов [руб.]	51500
8	Срок окупаемости установки ПЧ с рекуперативным модулем, T_{payback} [лет]	1,77

Рассчитанный срок окупаемости внедряемого модуля рекуперации ПЧ не превышает 2 лет, что соответствует высоким показателям рентабельности внедряемой технологии. Принимая решение о целесообразности оборудования ПЧ рекуперативным модулем, следует учитывать следующие дополнительные преимущества его внедрения: значительное улучшение показателей ЭМС привода и снижение его массогабаритных характеристик.

Таким образом, на основании проведенного анализа, можно заключить, что применение ПЧ с рекуперативным модулем является эффективным энергосберегающим мероприятием.

Список использованных источников

1. Энергосберегающий асинхронный привод / И. Я. Браславский, З. Ш. Ишматов, В. Н. Поляков. М. : АСАДЕМА, 2004. 202 с.

2. Unidrive M600 User Guide, Universal Variable Speed AC drive for induction and permanent magnet motors, Part Number: 0478-004-03, Issue: 3.

3. Руководство по эксплуатации. ОВЕН. Резисторы балластные серий РБх-xxx-xxx. КУВФ.434153.001РЭ.

УДК 620.98

Атанов Е. А., Рязанов В., Трубицын К. В.
Самарский государственный технический университет
atanov_93@mail.ru

ВОПРОСЫ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ В ПРИМЕНЕНИИ КЕРАМЗИТОБЕТОНА ПРИ ПОДЗЕМНОЙ ПРОКЛАДКЕ ТРУБОПРОВОДОВ ТЕПЛОСЕТЕЙ БЕЗ ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ

Аннотация. В работе показан энерго- и ресурсосберегающий эффект при подземной прокладке трубопроводов в коробе из керамзитобетона без тепловой изоляции. Проведен сравнительный тепловой расчет труб с тепловой изоляцией на поверхности, располагающихся в коробе из железобетона, и труб без тепловой изоляции в керамзитобетонном коробе. Подсчитаны и сравнены потери теплоты в обоих случаях.

Наиболее распространенной является подземная прокладка трубопроводов в непроходных каналах из лотков, выполненных из тяжелого бетона. Одним из перспективных путей снижения стоимости прокладки, объема трудозатрат и сокращения сроков строительства является применение керамзитобетонных лотков, позволяющих полностью отказаться от применения дорогостоящей и трудоемкой подвесной теплоизоляции. Использование керамзитобетона позволяет совместить конструктивные и теплозащитные функции материала [1].

При прокладке теплосетей используются сборные каналы следующих типов (рис. 1):

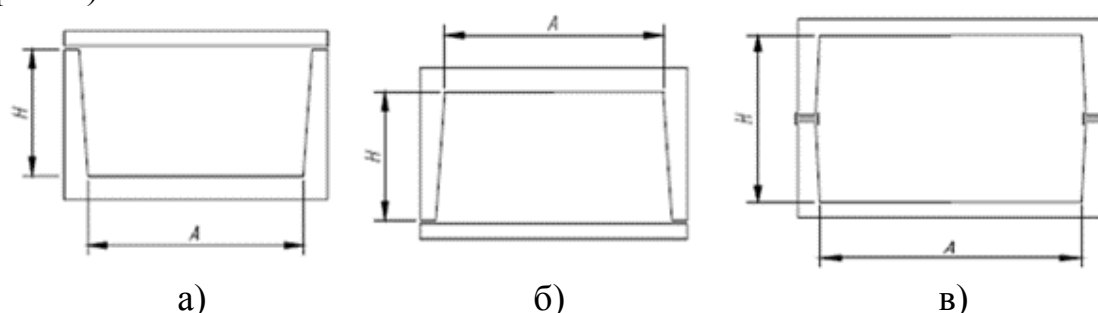


Рис. 1. Сборные каналы для тепловых сетей
а) тип КЛ; б) тип КЛп; в) тип КЛс

Проведен сравнительный тепловой расчет подземной прокладки трубопроводов с наложением тепловой изоляции на поверхностях труб в коробе из железобетона и из керамзитобетона без изоляции.